

主題

UHF 대역 RFID 를 위한 안테나 및 리더기술

(주)하이트렉스 연구원 박 경 철, 대표이사 윤 태 섭

차 례

1. 서 론
2. 리더의 구성 기술
3. UHF 대 RFID용 안테나 설계
4. 결 론

1. 서 론

최근 RFID 국제 표준안이 확정되고 RFID 태그용 칩이 저가 생산이 가능하게 되면서 특히 물류 유통 분야를 중심으로 기존의 바코드를 대체하는 RFID 시스템의 상용화 가능성이 제시되고 있다. 특히 감지거리가 길고 인식률이 좋은 UHF 대역의 기술적인 활용 가능성이 고조되면서 산업적으로 성공할 가능성이 더욱 커지고 있다. UHF 대역의 무선 태그의 생산 기술은 종래

에는 GaAs 쇼트키 다이오드와 기타 RF회로를 CMOS 회로와 하나의 칩으로 통합하는 것이 어려워 저가, 초소형의 무선 태그용 칩을 실용화하지 못하였다. 하지만 최근에 반도체 기술의 눈부신 발전과 CMOS RF 기술의 발전으로 RF 태그용 무선회로를 하나의 칩으로 통합하여 저가 생산으로 특히 유통 및 물류 분야를 중심으로 긍정적인 활용 결과 및 제품들이 등장하고 있다. 미국의 경우 월마트는 2005년부터 제품 납품 공급 업체들에게 박스 단위의 RFID 무선 태그를

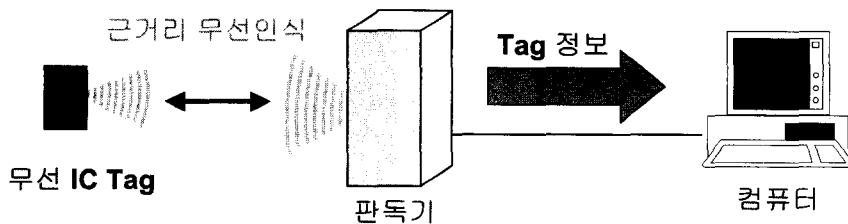


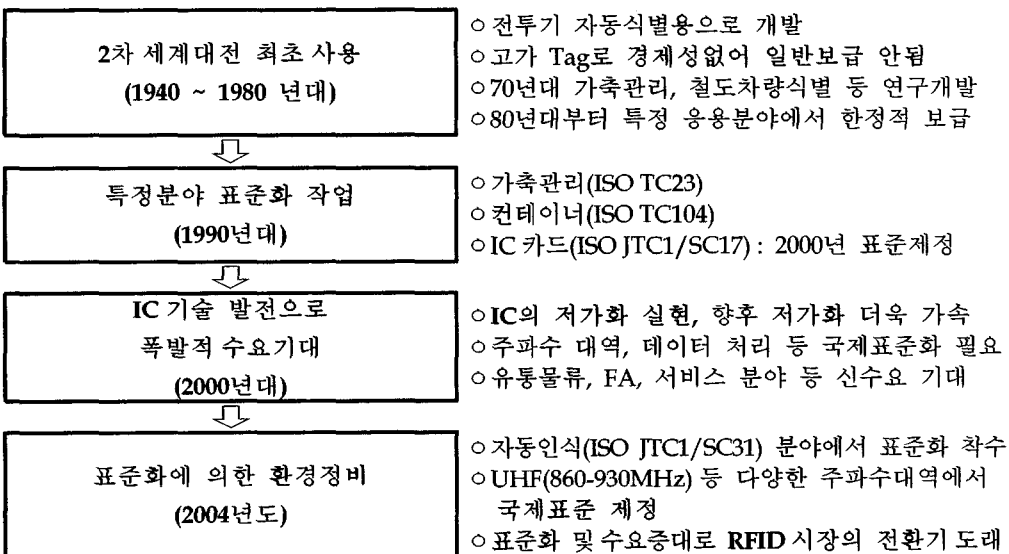
그림 1. RFID 시스템의 구성 요소

부착하는 것을 의무화하였다. 유럽에서도 이에 자극받아 대형 물류회사를 중심으로 UHF 대역의 RFID 시스템의 도입을 추진 중에 있다. 국내에서도 이러한 세계적인 관심과 활용에 따라 유통분야 서비스 시범 사업을 시작하였으며 특히 UHF 대역의 RFID 리더 및 안테나 등을 중심으로 기술 개발을 적극적으로 시도하고 있다.

본 논문에서는 UHF대역 RFID 시스템 중에서 리더와 안테나에 관하여 설명하고 관련기술과 시스템의 구성에 대하여 소개하고자 한다. UHF 대역의 RFID를 이용하여 시스템을 구성하고자 할 때 태그로부터 데이터를 읽거나 쓰도록 설계된 상위 소프트웨어 어플리케이션들은 태그와의 인터페이스로 무선형 비접촉 리더를 필요로 하게 된다. 데이터 및 에너지의 교환은 안테나를 통하여 이루어진다. 상위 어플리케이션에서 볼 때 태그는 투명하게 보여야 한다. 달리 말하면 리더를 통하여 태그를 읽고 쓰려고 할 때 메모리나 레지스터를 보는 것과 같이 쉽게 데이터를 주고 받을 수 있도록 하는 기능을 제공하는 것이다. 이 때 어플리케이션과 리더, 리더와 태그 사이에는 Master/Slave 개념에 기초하여 동작한다. 이

것은 리더와 태그의 모든 동작이 상위 어플리케이션에 의하여 시작되는 것을 의미한다. 계층적 시스템 구조에서 상위 어플리케이션은 Master를 의미하고 리더는 Slave로서 어플리케이션으로부터 읽기/쓰기의 명령을 수신 했을 때 만 동작하게 된다. 어플리케이션으로 부터의 명령을 수행하기 위해서 리더는 먼저 안테나를 통하여 무선으로 태그와의 통신을 시작 한다. 이때 리더는 태그와의 관계에서 Master역할을 수행한다. 따라서 태그는 리더로 부터의 명령에만 응답하고 독립적으로 활성화 되지 않는다. 상위 어플리케이션으로부터 리더로의 읽기 명령은 리더와 태그 사이의 일련의 통신 단계를 시작한다.

리더의 주된 기능은 상위 어플리케이션의 명령에 따라 태그를 활성화 시키고 태그와의 통신 시퀀스를 구성하고 태그와 상위 어플리케이션간에 데이터를 투명하게 전달하는 것이다. 비접촉 무선 통신의 경우 발생하는 모든 문제점 즉, 통신 주체들 간의 연결, 충돌 방지, 다수의 태그를 인식 할 때의 다중 접속 문제, 인증 과정 등은 전체적으로 리더에 의하여 관리된다.



2. 리더의 구성 기술

2. 리더의 구성

UHF 대 RFID 시스템은 ISO/IEC 15961, ISO/IEC 15962, 와 Annexes, ISO/IEC 18000, Part 6 표준안을 만족하여야 한다. RFID 시스템은 그림 2와 같이 구성된다. 상위 어플리케이션과 리더, 태그로 이루어지며 리더는 마이크로 스트립 안테나, RF 회로부, 변복조부, 알고리즘을 처리하는 DSP 디지털 보드로 구성된다. 디지털 보드는 호스트 시스템과 연결되며 상위 어플리케이션에 의하여 RFID 리더가 제어 된다. 여기서 RF 보드는 LNA, Mixer, Coupler, Power divider, Power Combiner, Oscillator 및 ASK 변복조부로 구성된다. Circulator는 송신 반송파가 수신부에 주입 되는 것을 막고 적당한 아이솔레이션을 유지하기 위한 목적으로 사용되기 때문에

송수신 안테나를 겸용으로 사용하는 경우에는 필수적이거나 송신 안테나와 수신안테나가 별도로 사용되는 경우에는 제외될 수 있다. 오실레이터 또는 VCO에 의해 발생한 국부 발진(LO)는 디바이더에 의하여 분배하여 송신부와 수신부에 공급한다. 특히 Frequency Hopping을 수행하는 리더기의 경우 매우 안정된 주파수 스펙트럼을 요구하기 때문에 LO 신호 발생원으로 주파수 안정도가 매우 우수한 PLL 모듈을 사용하여야 한다. 이러한 요구에 따라 위상 잡음 및 출력 특성이 우수한 PLL 모듈을 개발하여 LO 신호 발생원으로 사용한다. Mixer 출력부의 IF 신호는 매우 미약한 신호이므로 이미지 및 잡음 신호의 제거를 위하여 먼저 대역 통과 필터를 경유한 후 고이득의 증폭기를 통하여 증폭된다. 또한 고주파 성분을 제거하기 위하여 고역차단 특성이 우수한 저역 필터를 경유하여 디지털 보드에서 처리 가능한 레벨로 변환하기 위하여 2차 증폭기를 통하여 증폭한다. 이때 복조된 데이터의 유효성을 판단

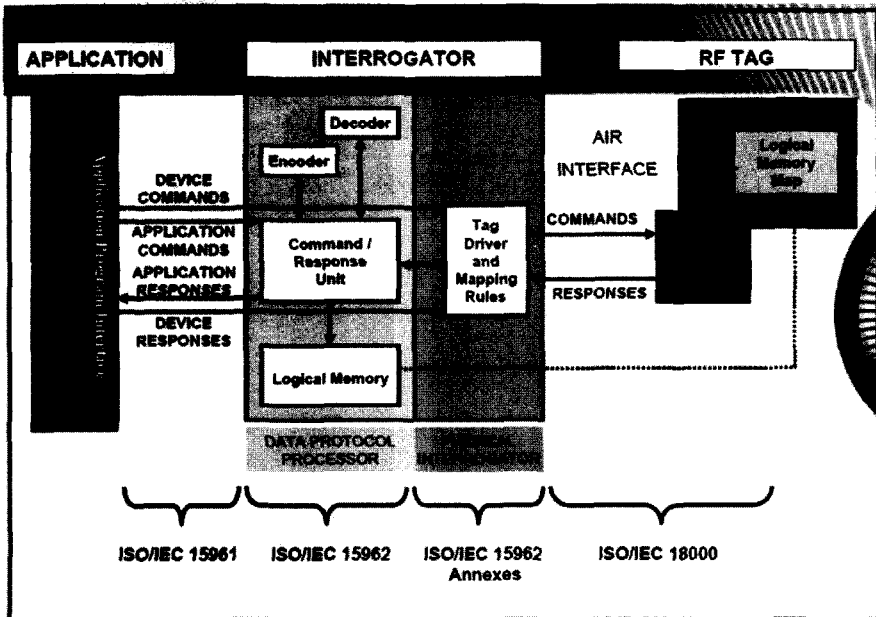


그림 2. RFID 시스템 구성도

하기 위하여 RSSI 기능을 내장하여 증폭된 신호를 논리신호로 변환하기 위한 파형 정형기를 경유하여 복조데이터가 형성되고 그 후 DSP로 전송된다. DSP는 수신된 데이터를 디코딩하여 규정된 프로시저에 의하여 처리한다. 리더는 상위 어플리케이션에 의하여 동작하며 호스트에 의하여 제어된다.

2.1 기저대역 코딩

RFID도 디지털 데이터 전달이 필요하므로 일반적인 디지털 통신 시스템의 구조를 갖는다. RFID 시스템에서 리더와 태그 사이에 데이터 전달은 3개의 주요 기능 블록을 필요로 한다. 리더에서 태그로 데이터가 전달되는 경우, 리더에는 신호의 코딩부와 변조기가 있고 채널로써 전송매

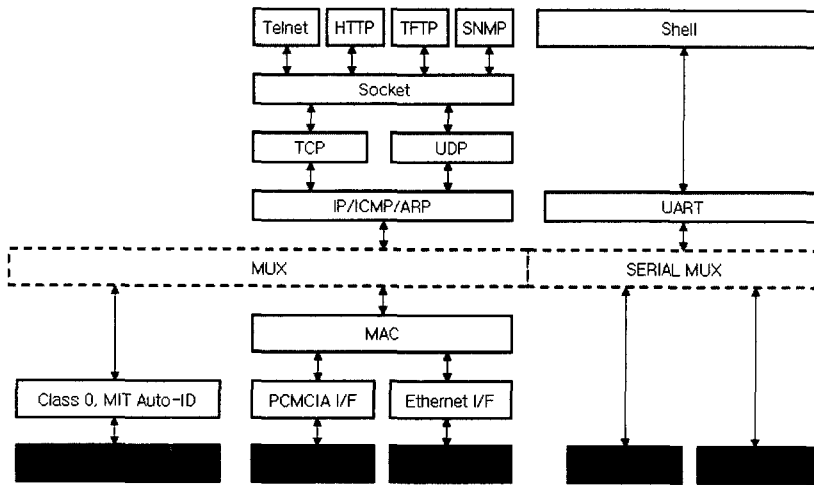


그림 3. 시스템 구조도(S/W, Protocol)

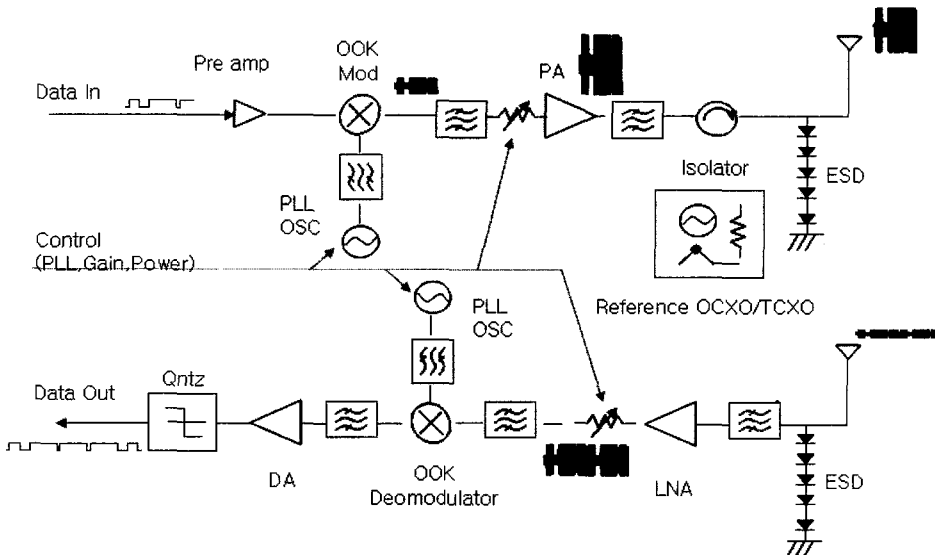


그림 4. 시스템 구조도(RF Block)

체가 있으며 태그에서는 복조기와 신호의 디코딩부가 있다. 어떠한 통신 시스템이든지 전송될 메시지와 신호의 표현 방법에 따라 전송채널의 특성에 맞는 최적화 작업이 반드시 필요하다. 이러한 최적화 과정은 외부로부터 어느 정도 방어능력을 갖추도록 하는것이다. 여기서 방어능력이라 함은 다른 신호와의 간섭, 또는 메시지의 충돌, 신호특성의 의도적인 변경으로부터 데이터를 보호한다.

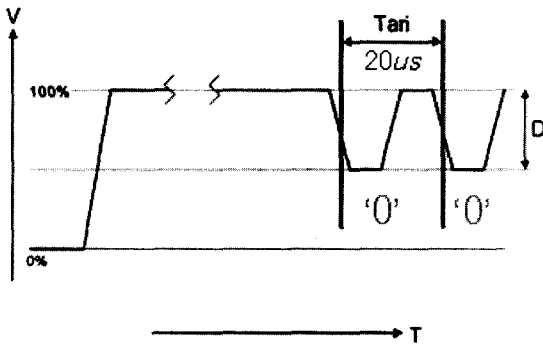


그림 5. PIE Inter-pulse mechanism

UHF RFID 리더에서 사용되는 코딩 방식은 Type A 에서는 PIE(Pulse Interval Encoding) 방식이 사용 되고 Type B 에서는 Manchester 방식이 사용된다. 두가지 방식 모두 Forward Link 방식이며 Return Link에서는 FM0 방식이 사용된다. PIE 방식은 가변 길이의 펄스를 발생하여 코딩하는 방식이다. RFID 시스템에서 적합한 신호 코딩 방식을 선정할 때는 다양한 경계

조건을 고려하여야 한다. 가장 중요한 고려 사항은 변조후의 신호 스펙트럼과 전송 오류의 발생 가능성이다. 또한 태그와의 신호 코딩과 변조가 부적절한 형태로 결합되어서는 안된다.

2.2 리더의 디지털 변조

RFID 안테나로부터 에너지는 전자기와 형태로 주변 지역으로 방사된다. 전자기파는 전력, 주파수, 위상의 세 가지 요소로 구성된다. 이 세 가지 요소를 변화 시킬 때 메시지가 코딩되어 전달된다. 이렇게 메시지 정보를 이용하여 전자기파에 변화를 주는 것을 변조라고 한다. UHF 대역 RFID 리더에서는 변조방식으로 Amplitude Shift Keying(ASK) 가 사용된다. 사용된 ASK 에서는 반송파의 신호의 크기가 이진 신호 크기에 따라 두 개의 상태 u_0 와 u_1 사이에서 스위칭 된다. u_0 와 u_1 의 비율을 듀티 팩터(duty factor) m 이라고 할 때 이를 구하기 위한 반송파의 변조 전후의 크기의 산술적 평균을 구하면 다음과 같다.

$$\bar{u}_m = \frac{\bar{u}_0 + \bar{u}_1}{2}$$

듀티 팩터는 크기 변화 $\hat{u}_0 - \hat{u}_m$ 과 평균 값 \hat{u}_m 에 대한 비로부터 계산될 수 있다.

	ALOHA	PIE	FM0	33 kbps (mean)
	Binary Tree	Manchester	FM0	10 or 40 kbps (according to local regulations)

$$m = \frac{\Delta \hat{u}_m}{\hat{u}_m}$$

100% ASK 에서는 반송파 진동의 크기가 반송파 크기의 값 $2 \hat{u}_m$ 과 0 사이에서 스위칭 된다. 정현파를 사용하는 크기 변조(AM)에서는 변조지수 $m=1$ (100% 변조)에 상응하는 결과가 된다.

2.3 CRC

일반적으로 CRC는 오류정정은 어렵지만 통신망의 오류를 검출하는데 있어서는 매우 신뢰성이 높은 방법이다. 리더에서 태그로 전송하는 데이터는 5비트의 CRC가 사용된다. 사용되는 다항식은 $x^5 + x^3 + 1$ 이다.

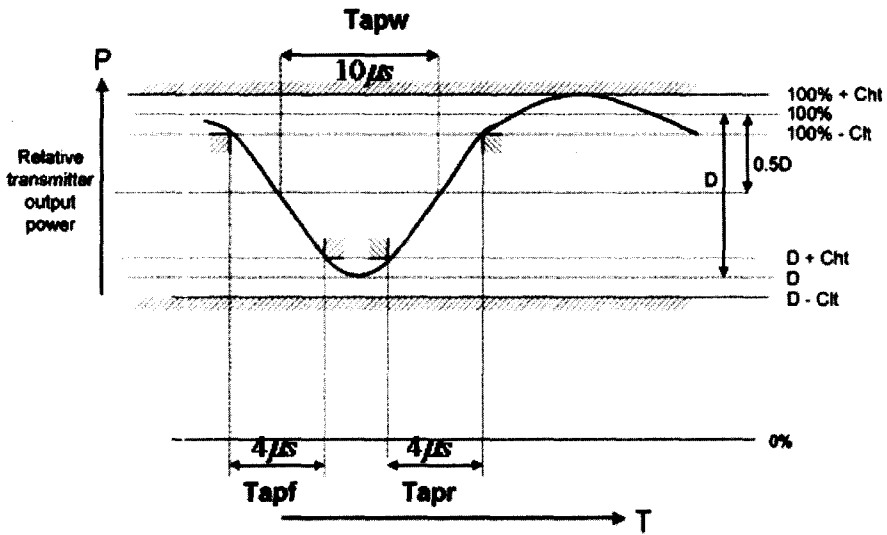


그림 6. ASK Modulation shaping

다.

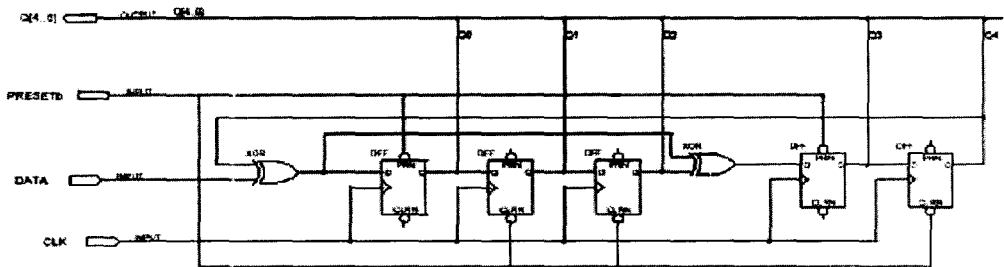
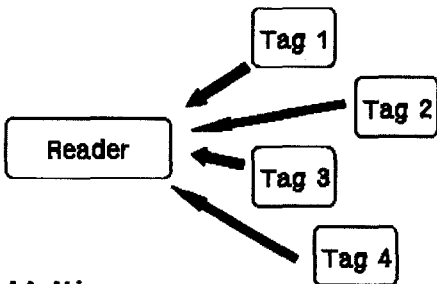


그림 7. CRC-5 의 구현

RFID 태그에서 계산은 간단하게 이루어 저야 하므로 하드웨어적으로도 간단하고 신뢰성 있는 계산 결과를 얻을 수 있도록 CRC-5를 사용하여 오류를 검출한다. 특히 CRC를 사용할 때의 장점은 오류 인식의 신뢰성이다. 다중오류가 발생한 경우라도 몇 번의 나눗셈 연산을 통하여 오류를 검출할 수 있다.

2.4 Multiple Access

하나의 리더가 읽어야 하는 태그의 수는 매우 많다. 이때 다수의 태그와 데이터를 통신하는 통신 방식을 다중접속(Multiple Access)이라고 한다. 모든 통신 시스템은 제한된 채널용량을 갖는다. 이는 이 통신 채널의 최대 데이터율과 시간 점유율에 의하여 결정된다. 이용 가능한 채널 용량은 각각의 태그에 나누어 주어야 하며 이때 다수의 태그로부터 하나의 리더로 전송되는 데이터가 상호 충돌 없이 전송 될 수 있어야 한다.



Multi-access

: need the anticollision procedures

그림 8. Multiple Access

이러한 충돌 문제를 해결하기 위하여 다양한 방식의 다중 접속 방식이 제안되고 있다. 이러한 다중접속 기술은 개별 단말기들을 분리할 목적으로 위성통신이나 이동통신 시스템에서 많이

적용되어 왔다. 이러한 다중 접속의 방식으로는 스펙트럼 확산 방식으로 불리는 CDMA 방식과 시간적으로 나누어 분리하는 TDMA 방식이 있다. CDMA 에서도 신호를 직접 확산하는 Direct Sequence 방식과 반송파를 확산하는 Frequency Hopping 방식이 있다. Frequency Hopping 방식을 지원하는 리더는 의사 난수 이진 시퀀스(Pseudo random binary sequence)를 갖는데 이것으로 반송파의 파형 스펙트럼을 확산시킨다. 이때 많은 수의 CDMA 신호들은 짧은 시간에 따라 반송파의 주파수를 바꾼다. 이러한 신호를 정해진 이진 시퀀스를 사용하여 원하는 신호 에너지만을 선택하여 분리 수신하고 코드가 맞지 않는 신호는 복원되지 않으므로 잡음으로 처리하여 상호 간섭을 막는다.

TDMA 방식의 단말접속은 ALOHA 프로시저를 사용하여 처리한다. 리더에 의한 프로시저는 폴링(polling)과 이진 검색(Binary tree search)을 수행하며 이러한 프로시저는 고유한 일련번호를 갖는 태그에 기초하여 진행된다. 특히 이진 검색 프로시저가 매우 유연하며 매우 일반적으로 사용된다. 이 방법으로부터 하나의 태그는 여러개의 태그로 구성된 한 그룹에서 선택되는데 리더로부터의 요구명령(request command)에 따라 리더로 전송된 태그 일련 번호 들 간의 충돌이 발생한다. 성공적인 이 과정을 수행하기 위하여 리더가 적당한 코딩 시스템을 사용하여 충돌이 발생한 정확한 비트 위치를 검출하는 능력을 갖추어야 효율적인 리더를 설계할 수 있다.

3. UHF 대 RFID용 안테나 설계

3.1 마이크로 스트립 안테나

마이크로 스트립 안테나는 최근 까지 재현성

을 갖는 정밀한 성능을 갖도록 구현 하는 것이 어렵고 비현실적인 것으로 간주 되어 왔다. 그러나 지난 몇 년간 기판 재료의 기술적인 발전으로 재현성이 우수한 고성능 안테나의 구현이 가능하게 되었다. 또한 CAD/CAE 및 회로해석 신 기술등장으로 인하여 여러 분야에 응용되는 마이크로 스트립 안테나의 설계 및 제작이 용이하게 되었다.

그림 3.1은 “패치 안테나”라고도 일컬어지는 대표적 마이크로스트립 안테나를 나타낸다. 이 특정한 안테나는 매우 간단한 구조로서 단일 기판에 1개의 사각형 공진기(패치)를 갖는다. 마이크로스트립 안테나는 구조상의 단순성으로 인하여 반파장 사각형 패치가 가장 공통적으로 사용된다. 패치 안테나의 급전 방식으로는 coplanar 마이크로스트립 선로 또는 동축 선로 방식이 광범위하게 사용된다. 만일 마이크로스트립 안테나가 다중 주파수에서 작동하도록 한다면 매우 복잡하게 된다. 급전 방식도 또한 정교해야 한다. 마이크로스트립 안테나의 방사는 단일 사각형 마이크로스트립 패치를 고찰함으로써 이해 될 수 있다. 이 사각형 패치는 그림 3.1에서 보는 것과 같이 길이, 폭 재원이 목표 중심 주파수의 f_0 의

$\lambda/2$ 가량이 되며 접지면과 유전율 ϵ_r 두께 h 인 유전체로 이격되어 있다. 방사는 그림 3.1에서 L 한쪽단에서 공진기와 접지면 간에 여기되는 fringing field에 의해 발생한다. 이 경우에 공진기는 패치의 edge가 캐비티(cavity)의 내부 전계 함수에 의해 여기되는 슬롯(Slot)으로 동작하는 공진 캐비티로 모델링된다. 즉, 캐비티 모델 분석에 의하여 이러한 현상 해석이 가능하다. 마이크로스트립 방사 현상을 모델링하는데 모드 확장법, 전송선로 모델링 등 다른 여러 가지 모델도 사용되고 있다. 가장 널리 사용되는 모델로는 마이크로스트립 공진기를 leaky 자계벽을 갖는 얇은 TM 캐비티로 간주하는 모델이다. TM 캐비티 모델에서는 캐비티가 허용하는 모드는 $L = \lambda/2$ 에 대하여 최저항 TM 모드를 즉, TM₁₀ 이다. 여기서 λ 는 유전체 파장이다.

마이크로 스트립안테나 설계 첫 번째 과정은 설계 파라미터를 정립하는 것이다. 이 경우 고려할 요소로는 제조시설, 재료비, 시장성 등이 포함된다. 그렇지만 마이크로스트립 안테나는 외견상 구조는 간단하고 자동화 생산이 가능하기 때문에 저가격의 대량생산이 항상 고려되어야 한다. 테프론이 마이크로스트립 안테나로써 선호되는 재

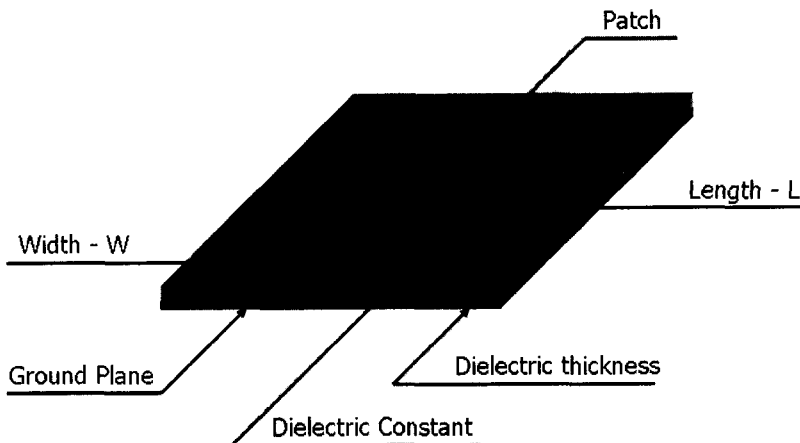


그림 9. 마이크로 스트립 패치 안테나

질이나 고가이므로 에폭시 그래스 라미네이트도 가격측면을 고려한 대량생산이 요구되는 경우 고려되어야 할 재질이다. 저주파에서는 가격이 저렴한 두꺼운 도체가 사용되지만 UHF 대역에서는 에칭 공차의 정확성 확보를 위하여 얇은 두께의 도체가 사용된다. 안테나의 중심 주파수로 공조된 단일 선형 분극(Polarization) 공진기 구조와 마이크로스트립 전송선로에 의한 급전 방식을 채택했다. 다른 고려요소로는 axial ratio, bandwidth, 방사패턴, 빔폭 등이 있다. 안테나 설계시 기관 파라미터를 먼저 결정하여야 한다. 유전율, 유전체 두께, 도체의 두께등이 이에 해당된다. 기관의 두께, 유전율 파라미터는 대역폭, 패치크기, 안테나 효율 등에 직접적인 영향을 주는 요인이므로 신중하게 선택해야 한다. 특히 기관의 두께는 대역폭을 결정하게 된다. 기관의 두께가 증가할수록 대역폭이 증가한다. 또한 기관의 두께와 유전율 두 파라미터는 신뢰성 있는 설계를 유지하고 저가에 최대성능을 유지하도록 상호 고려되어야 한다. 그렇지만 설계자는 최소의 ϵ_r 값을 유지하여야 하는데 ϵ_r 값이 작아야 마이크로스트립 패치로부터 fringe 전계를 증가시켜 요구되는 안테나 방사패턴을 갖게 된다. 기관의 두께는 대역폭을 고려하여 계산하거나 VSWR vs. h 에 관한 표를 이용하여 선정하며 정확하게 일치되는 두께의 기관이 생산되지 않으면 가장 근접한 두께의 기관을 선정한다. 기관 두께가 선정되면 다음에는 방사소자의 폭(W)을 다음 식에 의해 계산한다.

$$W = \frac{C}{2f_0} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2}$$

여기서 f_0 는 동작주파수, C= 자유공간 전파 속도이다.

4. 결 론

RFID 기술은 최근 국제 표준이 확정되면서 국내외로 많은 관심이 고조되고 있다. 특히 감지거리가 긴 UHF 대역 RFID 기술이 개발되고 저가의 태그용 칩의 양산 기술이 상용화 되면서 유통 및 물류 분야에 활용이 급진전 되고 있다. 이러한 기술적인 흐름에 따라 UHF 대역 리더와 안테나의 구현에 관한 방향 및 구현기술에 대하여 제시하였다. 특히 리더는 송신부와 수신부를 분리하여 서클레이터를 사용하지 않고 안테나의 성능을 향상 시켰으며 RF 회로부에서는 ASK 변조된 backscatter 신호를 복조하여 decoding 하는 방식을 사용하였다. ASK신호 복조를 위하여 출력 Power Amplifier에 의해 내부적으로 제한 되는 강한 RF 캐리어 신호를 제거하기 위하여 LO 캐리어 신호 위상을 정밀 제어하여 RF 신호를 제거하고 동시에 ASK 디텍터 신호레벨의 DC offset을 제거하여 복조 성능을 향상하도록 하였다. 이렇게 복조된 신호를 DSP를 이용하여 디지털 변복조를 수행하고 데이터 무결성을 위한 CRC 등 오류 정정 기능을 수행하였다. 또한 다른 리더와의 충돌을 방지하면 다수의 태그를 읽을 수 있도록 Frequency Hopping에 의한 다중 접속 방식을 사용하였다. 또한 고속으로 태그를 인식하기 위해서 효율적인 충돌회피 알고리즘의 개발이 선행 되어야 하며 이를 기반으로 리더와 태그사이의 통신이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

1. RFID Handbook second edition, Fundamentals and applications in Contactless Smart Cards and Identification, Klaus Finkenzeller
2. ISO 18000-6 Parameter for Air Interface Communications at 860 ~ 930MHz



박 경 철

1992. 02 : 인하대학교 공과대학 전기공학과, 공학사

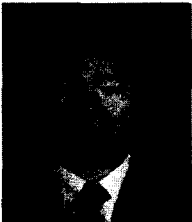
1994. 02 : 인하대학교 대학원 전기공학과, 공학석사
2004. 07 : 아주대학교 대학원 시스템공학과, 공학박사(예정)

전공 분야 : 신호처리, 무선통신용 모뎀 설계, VLSI 설계

1994. 07 - 2000. 02 : 고등기술연구원 연구원

2000. 03 - 2004. 03 : ㈜웨이투텍 책임연구원

2004. 04 - 현재 : ㈜하이트랙스 책임연구원



윤 태 섭

1979. 02. 한국항공대학 졸업

2004. 01 - 현재 : (주)하이트랙스 대표이사

2001. 05 - 2004. 12 : (주)아이네임즈 대표이사, 고문

1999. 09 - 2001. 04 : 한국인

터넷정보센터 연구위원

1999. 07 - 1999. 08 : (주)에어미디어 기술본부장 (상무이사)

1993. 06 - 1999. 06 : 한국전산원 책임연구원

1985. 11 - 1993. 06 : (주)데이콤 부장

1978. 11 - 1985. 11 : 동아건설산업(주) 주임